

【区域格局与产业发展】

中国装备制造产业创新网络运行效率及提升策略研究*

王亚飞 申庆元 姚琛

摘要:通过分析装备制造产业创新网络运行机理,选取BBC模型、Malmquist指数作为运行效率测度模型,结合装备制造产业创新网络面板数据对其运行效率进行测度,结果表明:2008—2018年中国装备制造产业创新网络整体运行效率以平均每年8.7%的速度递增;从地区角度看,创新网络运行效率呈“东—中—西”阶梯差异态势,但差异态势逐年缩小;从省份角度看,全国26个省份运行效率存在异质性,大体可分为第一、二、三、四梯队;技术水平进步对全要素生产率增长的提升作用要大于纯技术效率和规模效率贡献;技术研发阶段效率低于成果转化阶段效率,两阶段存在脱节现象。创新网络是推动装备制造产业创新升级的重要力量之一,中国要坚定不移地推进创新驱动战略,以提升装备制造产业创新网络运行效率;依据不同地区、不同省份装备制造产业创新网络状况,实施差异化政策组合,以提升运行效率;注重研发技术市场化,以提升成果转化阶段效率。

关键词:装备制造产业;创新网络;运行效率;测度

中图分类号:F062.9 文献标识码:A 文章编号:2095-5766(2020)02-0130-09 收稿日期:2019-12-19

*基金项目:河南省哲学社会科学规划项目“河南省装备制造业集聚演化路径选择研究”(2018BJJ013);河南省社会科学界联合会调研课题“新形势下河南省地方政府债务风险防范及化解研究”(SKL20193109)。

作者简介:王亚飞,男,中国水利水电第十一工程局有限公司工程师(郑州 450001)。

申庆元,男,中原工学院信息商务学院助教,中级会计师(郑州 451191)。

姚琛,女,中南财经政法大学公共管理学院硕士生(武汉 430073)。

一、引言

装备制造业作为中国制造业的脊梁,是完成供给侧结构性改革,推动产业技术转型升级、抢占第三次工业革命经济制高点、推动“一带一路”顶层设计、建设全球制造业强国的核心环节和重要引擎,在整个国民经济发展体系中举足轻重。当前,中国装备制造业面临着自主创新能力薄弱、关键技术以及高端装备对外依存度高、以企业为主体的装备制造业集群创新体系不完善、出口产品高端供给缺乏低端供给过剩、在全球缺乏高端技术话语权等问题,长期以来处于“微笑曲线”中底部,其发展模式被认为是“高端封锁”或“低端锁定”^①。后金融危机

时代,以美国、德国为代表发达经济体实施“再工业化”“工业互联网”“工业4.0”战略和以印度为代表新兴经济体实施“印度制造”等战略。此外,全球制造业趋向前沿信息技术与制造业融合发展趋势、技术创新迭代升级,这些外在压力与机遇倒逼中国加快重塑装备制造业发展模式,坚定不移地实施创新驱动战略,走高附加值的自主创新模式。党的十九大明确提出实施创新驱动战略,推动制造业高端供给,改变中国在GVC的分工地位,向“微笑曲线”两端发展。而创新驱动战略最终要落实到网络协同创新方式上,即创新网络。可见,创新网络将成为装备制造产业创新升级的主攻方向之一。目前,中国虽已形成环渤海、长三角、珠三角、东北、中西部五大装备制造产业集群,集群内部初现创新网

络,但创新网络运行效率究竟处于什么水平,如何提升运行效率,急需从理论上探讨。因此,探究装备制造产业创新网络运行效率对促进该产业创新升级具有一定的现实意义,同时也可由政府制定提升装备制造产业创新发展政策提供理论支撑。

创新网络这一概念最早由 Freeman(1991)提出,后经 Olaf、Rolf、曾刚等学者的研究,已形成丰富的研究成果。通过文献梳理,在理论研究方面,主要集中在创新网络内涵、演化机理、结构层次、运行机制(綦良群,2019;林兰,2017)。在实证研究方面,主要集中在创新网络对创新绩效的影响关系以及创新网络创新效率。如曾庆辉(2014)结合结构方程模型实证研究了企业创新网络、网络能力与企业创新绩效具有正向关系。赵艳华(2015)通过实证研究分析,发现企业与企业间创新网络比政府与企业间创新网络对创新绩效的影响效应大。林润辉(2016)实证研究了国内、国际创新网络规模与创新绩效呈“倒U型”关系。赵文平(2016)借助 DEA 测度出中国西部地区区域创新网络效率具有明显的地域差异性。曹贤忠(2018)从全球—地方视角实证探究了产业特性、空间分布对创新网络效率具有显著影响。徐建中(2019)构建 J-SBM 模型测算低碳创新网络效率,研究结果表明,整体地产区域创新网络效率处于收敛状态,政策支持、市场竞争对创新网络效率有一定的滞后性。贾晓霞(2019)构建产学研创新网络模型,利用结构方程和三阶段 DEA 定量测算企业创新效率,结果表明,网络中心性、结构洞对企业创新效率具有正向影响。通过上述文献梳理可知,目前学者对于创新网络已进行了较为深层次的研究,但仍存在局限性:其一,多数学者采用各种方法实证研究了创新网络对创新效率的正向效应。但创新网络运行具有自适应性、动态复杂性,网络运行如何促进创新产出这一机理需进一步完善。其二,在实证研究方面,绝大多数学者从企业角度展开创新网络效率研究,缺少从区域产业角度研究创新网络运行效率,不能揭示出产业创新网络运行效率的省份异质性表现。鉴于此,笔者以不同省份为分析视角,以装备制造产业创新网络运行机理探索性理论研究为依托,以 26 个省份为研究对象,运用 DEA 方法中的 BBC 模型和 Malmquist 指数,结合装备制造业创新网络面板数据对其运行效率进行测度,展示省份异质性差异,依据实证结

果提出提升运行效率的政策建议。

二、装备制造产业创新网络运行机理

装备制造产业本身具有的地域集群性、产业关联性、技术创新性决定了该产业未来发展方向在于网络式创新。而装备制造产业集群会逐渐演化为产业创新网络,换言之创新网络为产业集群发展的高级阶段。结合相关文献研究,笔者将装备制造产业创新网络作出如下界定:在特定地理空间省份内,装备制造业产业集群内,以装备制造企业为核心,政府、科研院所、中介机构、金融机构围绕这一核心主体通过正式或非正式方式展开技术合作、知识交流等,共同促进装备制造业创新发展的新型组织形式的动态开放系统。而创新网络运行是指在网络内一定要素投入后,各要素在网络结构内部借助运行机制、环境作用下,各创新结点知识互动、协同创新,促进创新产出,而产出会在实践中反馈到各创新结点,进而不断调整创新产出,形成一个自适应反馈系统。装备制造产业创新网络运行前提在于物质基础投入,如技术、资金、信息、人力、政策等,这些要素投入在创新网络结构内部扩散流动,同时在学习机制、信任机制、激励机制等 5 种网络运行机制和地域文化、政府支持、金融支持、基础设施等运行环境作用下交叉繁殖实现知识溢出、协同创新等产出效应,最终表现为新技术、新产品产出,而新产品在商业市场中得到检验,以反馈到企业等创新结点,网络内创新结点做出调整,如此反复循环形成一个良性反馈系统,此即为装备制造产业创新网络运行机理(如图 1 所示)。

此外,结合价值链理论,笔者将装备制造产业创新网络产出划分为两阶段,即以专利产出申请数为主的技术研发阶段;以新产品产值为代表的成果转化阶段。

三、装备制造产业创新网络运行效率测度

依据装备制造产业创新网络运行机理选出适合本研究对象的研究方法,结合 Malmquist 指数设计出本文的研究模型;构建出运行效率测度指标体系,并对样本数据选取和处理加以说明,基于省级面板数据进行实证分析,测度装备制造产业创新网络运行效率。

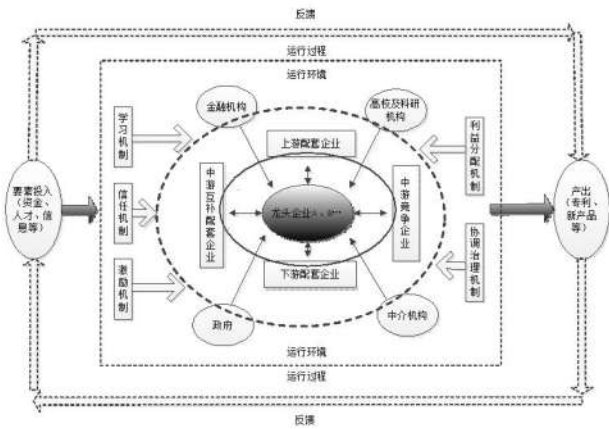


图1 装备制造产业创新网络运行机理

1.研究方法选择及模型构建

(1)研究方法选择。依据上述装备制造产业创新网络运行机理分析可知,产业创新网络运行效率,实际上就是创新要素投入到创新网络内部结构中,在一定运行机制和环境下,所产出的效果大小。从图1可看出,装备制造产业创新网络运行是一个标准的多投入、多产出复杂系统。因此,以随机前沿分析法(SFA)为代表的单产出参数法不适用,以DEA为代表的多产出非参数法作为本研究方法较为适合。

(2)模型构建。在DEA方法中BBC模型是在考虑了纯技术效率基础上对CCR模型进行严谨修正,即将综合技术效率划分为纯技术效率和规模效率。此外,DEA在评价单元相对效率时要求数据必须在同一时间上即为横截面数据,不能引入时间维度来分析,为解决这一问题,引入Malmquist指数来分析时间维度的横截面数据,即面板数据的评价单元效率问题,从而得到评价单元技术效率的动态变化规律。

Malmquist指数全称为全要素生产率变动指数(TFP),该指数能够运用面板数据进行分析不同时期评价单元(以下简称DMU)效率变化情况,克服传统DEA模型不能引入时间因素的不足之处。其表达式为:

$$M(X_{t+1}, Y_{t+1}, X_t, Y_t) = \frac{D^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{D^t(X_t, Y_t)} \times \sqrt{\left(\frac{D^t(X_{t+1}, Y_{t+1})}{D^t(X_t, Y_t)} \right) \left(\frac{D^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{D^{t+1}(X_t, Y_t)} \right)}$$

上式中 X_t 表示 t 时刻DMU的投入量, Y_t 表示 t 时刻DMU的产出量,同理类推 X_{t+1}, Y_{t+1} 。

$$\sqrt{\left(\frac{D^t(X_{t+1}, Y_{t+1})}{D^t(X_t, Y_t)} \right) \left(\frac{D^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{D^{t+1}(X_t, Y_t)} \right)}$$

表示技术水平的提高,记为 $TPCH$,用来衡量有效生产前沿面变动量。若 $TPCH$ 大于1表示有效生产前沿面向外实现了移动,也就是说评价单元在 $t+1$ 期技术水平提高了,即产出增加了;若 $TPCH$ 小于1表示评价单元在 $t+1$ 期技术水平不如第 t 期。 $D^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})/D^t(X_t, Y_t)$ 表示技术效率变化状况(TECH),而技术效率是由纯技术效率和规模效率构成。因此,Malmquist指数(TFP)又可表示为:

$$TFP = \text{纯技术效率变化}(PECH) \times \text{规模效率变化}(SECH) \times \text{技术效率变化}(TPCH)$$

在进行装备制造产业创新网络运行效率测度中,若 $PECH > 1$,表示在创新网络管理水平、技术、制度上较前期有了提升; $SECH > 1$,表示创新网络在规模上促进了整体效率提升; $TPCH > 1$,表示技术水平的提高提升了创新网络运行效率。

基于上述分析,笔者选用DEA方法中的BBC模型并结合Malmquist指数作为测度中国及各省份装备制造产业创新网络运行效率模型。

2.测度指标体系构建及数据处理

依据上文分析可知从投入、产出角度分析装备制造产业创新网络运行效率,其评价指标体系其实就是创新资源从投入到产出的配置情况和运行水平的过程优化体系。因此,笔者决定从投入、产出两方面选取指标构建指标评价体系。

参考曾刚(2019)、李士梅(2019)、简晓彬(2018)等人的研究,从创新经费投入、人才投入、其他投入三方面选取装备制造产业创新网络投入指标;从两阶段选取产出指标。具体指标体系详见表1。

鉴于西藏、新疆、内蒙古、青海、海南数据缺失较多,笔者以其余2008—2018年26个省份作为研究对象。决策单元的指标数据均来源于历年《中国工业统计年鉴》《中国信息年鉴》、各省份历年统计年鉴并经搜集整理得到。为消除2008—2018年价格变动对各变量指标影响,笔者采用居民消费价格指数,以2008年为基期对相关指标进行平减处理。

四、实证结果分析

将样本数据带入BBC模型,运用软件

表1 装备制造产业创新网络运行效率测度指标体系

一级指标	二级指标	
投入指标	R&D经费内部支出(X_1)	衡量企业、科研机构、政府经费投入强度
	R&D活动人员折合全时当量(X_2)	衡量创新网络内创新主体R&D人员投入强度
	企业科技活动中金融机构资金(X_3)	反映金融机构开展创新活动的投入力度
	省域信息化发展指数(X_4)	衡量省域信息化发展水平
	技术市场成交额(X_5)	衡量中介机构的服务投入力度
产出指标	专利申请数(Y_1)	衡量创新网络运行的知识创新产出
	新产品产值(Y_2)	衡量创新网络运行的产品创新产出

DEA-Solver9.0测算出2008—2018年26个省份装备制造产业创新网络运行效率。同时,以 Y_1 作为第一阶段产出,投入指标不变,测算技术研发阶段效率;以 Y_2 作为第二阶段产出,投入指标在第一阶段产出基础上加入 Y_1 ,测算第二阶段效率,结果如图2、图3、表2所示。

1. 全国运行效率整体分析

从图2可知,中国装备制造产业创新网络运行效率总体上呈上升趋势,但由于各个地区资源禀赋、社会经济发展水平、装备制造产业创新网络结构完善程度不同,使得运行效率呈“东—中—西”阶梯差异态势。其中,中部地区上升速度迅猛,东北传统装备制造业基地下滑趋势明显,东部地区上升缓慢,西部地区波动较大。但从2016—2018年来看,“东—中—西”差异态势逐年缩小。

从全国整体上看,2008—2015年中国装备制造业产业创新网络运行效率均值处于较低水平,其值在0.7左右,投入的资源要素在创新网络中未得到充分利用,存在30%左右的资源浪费。2008—2009年运行效率值从0.643下降到0.616,出现下降态

势,其原因是2008年的美国金融危机已经波及中国装备制造产业,出口受挫,严重挫伤了装备制造产业创新开发生产积极性,进而导致创新网络产出下降。2009—2014年处于迅速上升时期,其原因在于中国政府迅速调整战略,提出扩内需的政策,迅速恢复了创新网络内各创新主体开展创新开发的积极性。2013—2015年处于先上升后下降状态,运行效率值波动较大,其原因在于2013—2015年制造业产能过剩、出口萎缩、经济下行集中暴发,供给端多是低端供给、无效供给,高端供给缺乏,供需矛盾突出,导致创新产出下降。因此,政府2015年实施供给侧结构性改革,通过创新驱动战略提高高端、有效供给,同时推出“一带一路”顶层设计拓宽产能投资市场,进一步促进供给侧结构性改革,最终使得2016—2018年运行效率有所提升。

此外,从图3中可看出,规模效率均值一直高于纯技术效率均值,表明前者对运行效率的贡献作用始终大于后者。换言之,通过创新网络将投入要素转化为创新产出的运行过程中,投入规模的作用要大于生产技术进步的作用。要素驱动、投资驱动对

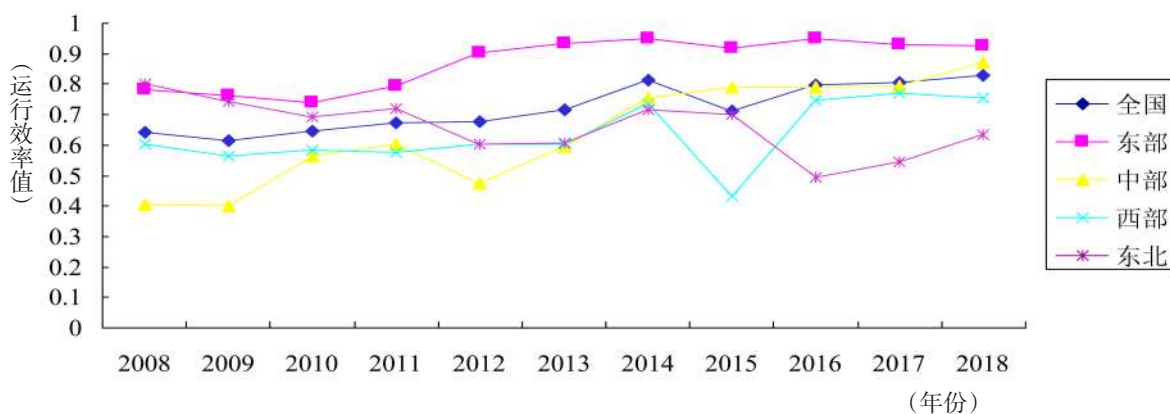


图2 2008—2018年全国及各地区装备制造产业创新网络运行效率

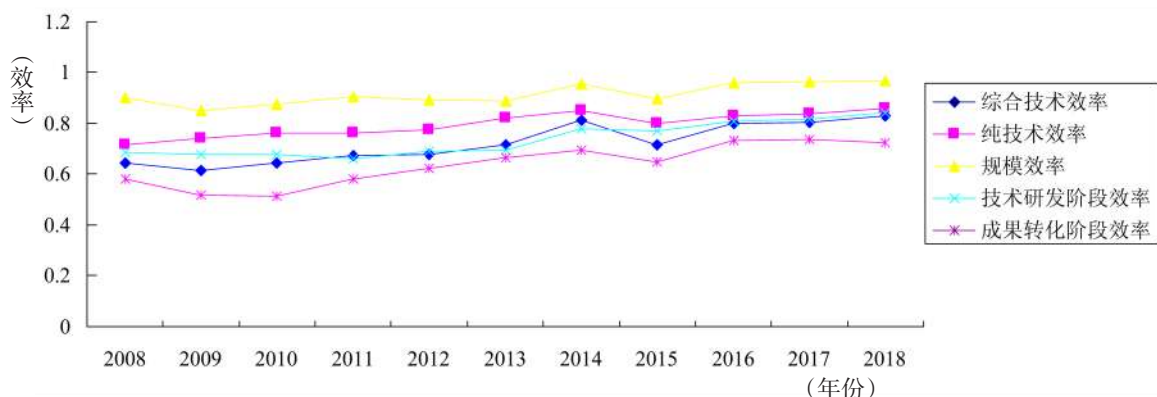


图3 2008—2018年中国装备制造产业创新网络五种效率值

创新网络产出仍高于创新技术要素驱动,创新驱动效应尚未完全显现存在一定滞后性。

另外,图3中还表示出2008—2018年中国装备制造产业创新网络技术阶段效率、成果转化阶段效率大体上呈上升趋势,但技术研发阶段效率始终高于成果转化阶段效率。表明成果转化阶段运行效率较弱,两阶段运行效率存在脱节现象,反映出重研发、轻转化问题。

2.各省份运行效率异质性分析

从表2可知,2018年的北京、天津、山西、江苏、浙江、安徽、山东、河南、广东、广西、甘肃、宁夏运行效率为1,表明这些省份装备制造产业创新网络的运行投入达到了相对最佳的产出效益,其运行效率在全国处于第一梯队。其他省份运行效率小于1,表明这些省份创新网络的投入要素在网络运行过程中未得到充分利用且未达到相对最佳的运行产出效益,处于投入冗余或产出不足的状态。其中上海、湖南、四川运行效率在0.9—1,在全国处于第二梯队。河北、辽宁、吉林、福建、江西、湖北、重庆、贵州运行效率在0.5—0.9,在全国处于第三梯队。黑龙江、云南、陕西运行效率小于0.5,在全国处于第四梯队。

从表2还可看出,山西、甘肃、宁夏等省份经济与科技创新水平虽落后,但近年来其运行效率却相对高效,其原因在于这些省份尚处于创新投入与产出关系规模效应迅速提升发展阶段,其创新网络投入要素远低于其他经济、科技发达地区,但少量的资金与人力等资源在创新网络运行过程中得到了充分利用,因此其运行效率相对高效。此外,辽宁、吉林、黑龙江、湖北、陕西等省份,在高校及科研机构、装备制造企业数量、规模、质量方面都处于全国中上游水平,然而其创新网络运行效率却差强人

意,近三年来效率值多数不足0.6,处于相对无效率状态。说明这些省份创新网络中的投入资源配置及各主体间尤其是高校科研机构与企业间的产学研创新合作存在突出问题,进而严重影响了创新网络运行产出效率水平。北京、上海、江苏、浙江堪称中国高校及科研机构最集中、金融、中介机构最发达的省份,同时这些省份的装备制造业也具有极强的创新实力,因此能够实现知识、产品创新及经济产出的比翼齐飞,故在创新网络的运行产出方面表现出极高的效率水平。但同时应该看到,大量的知识、人才、资金投入难以在本地有限时期内高效消化和利用,再加上创新网络内各主体合作水平尚待提高,使得这些省份某些时期的运行效率不尽如人意。如2008—2010年北京、2008—2011年江苏、2008—2013年浙江、2016—2017年上海便是如此。安徽、河南、重庆、四川等省份虽地处内陆地区,经济与科技创新处于全国中等水平,尤其是河南省,其高效及科研机构、金融及中介机构等创新网络主体创新能力虽较低,但近三年的运行效率却达到了相对有效状态,原因在于其创新网络的投入配置利用率及经营管理水平、产出规模水平均得到了极大提升。

3.Malmquist指数的动态运行效率分析

为进一步分析2008—2018年中国装备制造产业创新网络运行效率随时间变化的动态状况,运用DEAP2.1进行Malmquist指数测算,得到中国装备制造产业创新网络整体运行效率动态演变状况,如表3所示。

表3中效率变动以1为界限,1以上为效率增长,1以下为效率递减。从表3可看出,2008—2009年中国装备制造产业创新网络全要素生产率处于增长时期,这一时期综合技术效率虽下降了6.1%,

表2 全国、各地区、各省市装备制造产业创新网络运行效率值

年份 地区	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	均值
北京	0.780	0.447	0.646	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.898
天津	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
河北	0.133	0.120	0.099	0.346	0.424	0.598	0.738	0.585	0.586	0.557	0.691	0.443
山西	1.000	0.451	0.610	0.736	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.917	1.000	0.883
辽宁	0.958	0.885	0.883	1.000	0.665	0.622	0.961	1.000	0.734	0.832	0.761	0.846
吉林	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.868	0.504	0.491	0.724	0.872
黑龙江	0.451	0.344	0.197	0.163	0.144	0.198	0.188	0.238	0.249	0.308	0.418	0.263
上海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.818	0.734	0.951	0.825	0.903	0.930
江苏	0.775	0.730	0.443	0.513	1.000	1.000	1.000	0.961	1.000	1.000	1.000	0.857
浙江	0.489	0.619	0.453	0.431	0.696	0.805	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.772
安徽	0.230	0.264	0.306	1.000	0.325	0.390	0.827	0.729	1.000	1.000	1.000	0.643
福建	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.760	0.978
江西	0.317	0.159	0.268	0.210	0.243	0.385	0.355	0.390	0.338	0.483	0.735	0.353
山东	0.863	0.950	1.000	0.856	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.970
河南	0.552	1.000	0.882	0.714	0.566	0.868	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.871
湖北	0.158	0.259	1.000	0.474	0.469	0.381	0.487	0.628	0.408	0.416	0.504	0.471
湖南	0.160	0.266	0.330	0.479	0.250	0.547	0.856	1.000	1.000	0.933	0.996	0.620
广东	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
广西	1.000	1.000	0.072	0.373	0.177	0.276	1.000	0.304	0.550	0.849	1.000	0.600
重庆	0.255	0.102	0.188	0.401	0.455	0.840	0.810	0.760	1.000	1.000	0.697	0.592
四川	0.951	1.000	1.000	0.910	1.000	0.965	1.000	0.468	1.000	1.000	0.919	0.928
贵州	0.396	0.397	0.492	0.445	0.701	1.000	0.595	0.346	0.561	0.463	0.584	0.544
云南	0.454	0.364	1.000	0.672	1.000	0.438	1.000	0.471	0.570	0.583	0.475	0.639
陕西	0.671	1.000	1.000	0.573	1.000	0.506	0.374	0.260	0.322	0.283	0.370	0.578
甘肃	0.170	0.264	0.711	1.000	0.244	0.429	0.687	0.629	0.969	1.000	1.000	0.646
宁夏	0.943	0.387	0.194	0.218	0.251	0.361	0.425	0.204	1.000	1.000	1.000	0.544
东部	0.782	0.763	0.738	0.794	0.902	0.934	0.951	0.920	0.949	0.931	0.928	0.872
中部	0.403	0.400	0.566	0.602	0.476	0.595	0.754	0.791	0.791	0.792	0.873	0.640
西部	0.605	0.564	0.582	0.574	0.604	0.602	0.736	0.430	0.747	0.772	0.756	0.634
东北	0.803	0.743	0.693	0.721	0.603	0.607	0.716	0.702	0.496	0.544	0.634	0.660
全国	0.643	0.616	0.645	0.674	0.677	0.716	0.812	0.714	0.798	0.805	0.828	0.721

表3 中国装备制造产业创新网络全要素生产率变动及构成要素平均水平表

时期	综合技术效率变动 (TECH)	技术变动 (TPCH)	纯技术效率变动 (PECH)	规模效率变动 (SECH)	Malmquist 指数 (TFP)
2008—2009年	0.939	1.260	1.027	0.914	1.183
2009—2010年	1.030	0.856	1.055	0.977	0.882
2010—2011年	1.158	1.079	1.053	1.100	1.249
2011—2012年	0.963	1.346	1.012	0.952	1.296
2012—2013年	1.130	0.851	1.107	1.021	0.962
2013—2014年	1.168	1.065	1.044	1.119	1.244
2014—2015年	0.846	1.020	0.932	0.908	0.863
2015—2016年	1.156	0.984	1.036	1.116	1.138
2016—2017年	1.020	1.040	1.019	1.001	1.060
2017—2018年	1.056	1.032	1.050	1.005	1.089
平均水平	1.041	1.043	1.033	1.009	1.087

但技术变动却增长了26%,技术进步不仅抵消了综合技术效率的下降所带来的负面影响,而且促使创新网络的整体运行效率提高了18.3%。2009—2010年全要素生产率下降了11.8%,主要原因在于综合技术效率增长的3%没有抵减技术退步14.4%所带来的不利后果。虽然2012—2013年出现了微小下

滑,但整体上2010—2014年全要素生产率处于高速增长时期。2014—2015年虽然技术变动取得了进步,但综合技术效率下降严重,导致全要素生产率出现了下滑。2015—2018年处于全要素增长率缓慢增长时期。

从整体平均水平来看,2008—2018年中国装备

制造业创新网络整体运行效率以平均每年8.7%的速度递增。其中综合技术效率以平均每年4.1%速度递增,技术变动以平均每年4.3%的速度进步,技术水平进步对全要素生产率增长的贡献要稍大于由纯技术效率和规模效率构成的综合技术效率变动。此外,在综合技术效率增长变动中,纯技术效率平均每年的增长变动为3.3%,远大于每年以0.9%增长率变动的规模效率,预示未来技术进步对运行效率的贡献作用会逐渐超过投入规模贡献作用。

五、结论

借助DEA中的BBC模型、Malmquist指数,基于2008—2018年中国26个省份面板数据,测度了装备制造产业创新网络运行效率,得到以下结论。

(1)从全国角度看,中国装备制造产业创新网络运行效率总体上呈上升趋势,其原因主要在于政府历来注重对装备制造产业集群的培育和创新发展,近年来出台《中国制造2015》《国家创新驱动发展战略纲要》《装备制造业标准化和质量提升规划》《高端智能再制造行动计划(2018—2020)》等政策,从政策、资金、人才方面助力提升装备制造产业创新网络运行效率。从地区角度看,创新网络运行效率呈“东—中—西”阶梯差异态势,但差异态势逐年缩小,主要得益于创新网络本身具有的技术扩散功能和外向型特征,随着各地区装备制造产业创新网络结构不断完善、市场经济体制不断改革,创新网络间知识、信息、技术等创新资源顺畅流动,能够缩小“东—中—西”的创新产出。从省份角度看,运行效率在全国26个省份间存在异质性,大体可分为第一、二、三、四梯队。

(2)规模效率对运行效率的贡献始终大于纯技术效率,说明创新技术驱动效应尚未完全显现存在一定滞后性。因此,仍要坚持推进创新驱动战略,以提高技术进步为创新产出带来效应,逐步提升纯技术效率水平。两阶段运行效率存在脱节现象,新技术成果转化已成为装备制造产业创新网络运行效率提升的瓶颈。一方面,由于长期以来高校、科研机构创新主体存在重学术研究,轻生产、轻应用现象;另一方面,创新网络内部各主体间协同能力较差,尤其是装备制造企业与高校及科研机构

间在创新网络运行产出过程中关于知识成果转化为经济效益结合不紧密、衔接不顺畅,大大降低了新产品经济效益的产出。此外,近年来装备制造产业面临企业劳动力和要素成本上升;人民币升值、装备制造产品高端供给不足、中低端产能过剩致使制造业产品出口受限;技术产品升级加快及市场竞争加剧降低了装备制造业产品价格等问题。因此,成本增加、出口受挫、产品价格下跌均对装备制造企业经济效益形成挤压,导致企业市场应变能力下降,新产品获得市场认可的难度加大,进而降低了新产品的销售收入。

(3)技术水平进步对全要素生产率增长的提升作用要大于综合技术效率贡献,说明中国装备制造产业创新网络运行水平的逐年提高,不仅在于投入产出效率的逐年提高,更多应归功于技术创新能力提高。纯技术效率年增长速度远大于规模效率增长速度,表明从长远来看技术进步对运行效率的贡献作用会逐渐超过投入规模贡献作用,因此,未来在提升中国装备制造产业创新网络运行效率方面,要多在经验管理水平、制度创新和技术进步上下功夫,加强基础研究、共性技术研究,展开科技攻关,突破核心技术和关键零部件瓶颈,鼓励企业加强系统集成创新,打造中国装备制造品牌,努力提高高端供给;而通过扩大投入规模来提升创新网络运行效率的空间越来越小,因为单纯扩大投入规模,易导致低水平重复建设、低端产能过剩等问题,对创新网络运行效率提升起到抑制效应。

六、政策建议

通过上述理论阐述和实证结果分析可知,创新网络是推动装备制造产业创新升级重要力量之一。本文研究结论对中国装备制造产业创新网络运行效率提升具有一定的指引效果。基于此,提出以下政策建议。

(1)坚定不移推进创新驱动战略,以提升装备制造产业创新网络运行效率。将装备制造产业创新网络纳入国家自主创新体系中,以贯彻落实创新驱动战略,关键在于引导培育完善装备制造产业创新网络结构。因此,政府应制定创新网络内部经济秩序、优化营商环境,采取财政税收优惠政策、知识产权保护政策、人才政策,充分发挥政府主体作

用。通过银行信贷、资本市场、保险创新等方式构建多样化金融支持体系,完善创新网络金融主体。此外,装备制造业技术创新是一项系统工程,技术突破难度系数高,应不断强化不同层次人才队伍建设,出台差异化的人才政策,以夯实创新网络的人才创新主体。对于基础研究科研人才,既要给予充分的信任,又要遏制科研创新“重量轻质”现象。对于应用技能人才,应加大推广产教融合、职业教育培养模式,培养更多技能人才扎根一线制造业工厂,以发挥其在装备设备制造工艺改进、生产流程优化等方面的创新作用。另外,政府应牵头加强装备制造产业创新网络服务平台建设,如科技专利共享服务平台、中介信息服务平台、技术交易平台等,鼓励成立装备制造业协会、技术转化中介、市场监督中介等,构建多层次创新网络内部结构洞组织体系。紧跟第三次工业革命创新趋势,通过数字化、智能化、网络化增强装备制造产业技术创新力,组建新一代信息技术、智能制造的产学研创新联盟,完善产学研政策体系,引导装备制造企业、高校、科研机构积极参与到前沿技术创新项目中,鼓励龙头企业联合中小企业协同创新以充分发挥企业在创新网络中的核心地位,推动高校与科研机构、企业间密切合作,发挥高校原始创新、培养装备制造产业人才能力,提升科研机构与企业合作突破共性关键技术能力。要凝聚各个创新主体,逐步形成完善的装备制造产业创新网络内部结构和优良的运行生态系统环境,提升装备制造产业创新网络运行效率。

(2)依据不同地区、不同省份装备制造产业创新网络状况,实施差异化政策组合提升运行效率。东部、中部、西部、各个省份运行效率异质性明显,不能采取“一刀切”,应考虑各个地区、省份装备制造产业发展阶段,资源禀赋、子产业结构,因地制宜、有的放矢制定发展策略。鉴于西部地区是中国国防装备制造业集聚区域,但长期以来存在创新资源碎片化、创新主体分散化、军民创新系统分离化、产学研网络松散化等问题导致创新网络运行效率较低。因此,西部地区应抓住“一带一路”历史发展机遇、供给侧结构性改革政策红利、第三次工业革命“机会窗口”,强化对创新主体的培育,以逐步完善军民产学研协同创新网络结构,提高创新资源整合能力,共建军民协同创新机制,促进创新要素在

军民产学研协同创新网络内部自由流动、高效配置,才能够整体提升西部地区装备制造产业创新网络运行效率。东北地区作为中国传统工业基地,装备制造业一直是东北地区优势主导产业,但从运行效率测度结果来看,11年间整体处于下滑趋势,原因主要在于东北地区创新资源投入存在大量冗余,产学研合作水平差,自主创新能力水平低、体制包袱沉重、结构性产能过剩,严重制约了运行产出效率。基于此,东北地区应立足自身优势,调整创新资源投入产出比例,贯彻落实供给侧结构性改革,避免因市场导向性差异导致重复投入建设,整合自身区域科技资源,完善区域装备制造产业自主创新系统,提升产学研协作水平,共同解决制约东北地区装备制造业技术创新瓶颈问题,提升高技术含量装备制造产品产出。

(3)注重研发技术市场化,以提升成果转化阶段效率。技术成果转化已成为整体创新网络运行效率提升的瓶颈,忽视新技术的商业化效益,将会失去技术研发的动力。因此,高校、科研院所、装备制造企业等产学研创新主体应注重技术专利市场商业化应用,及时熟悉新产品市场动态,实现技术研发链、产业链、商业链精准对接,稳步推进研发成果从技术到样本到产品再到商品的转化,以提升成果转化阶段效率,实现两阶段产出有机结合。同时,要注重市场主体、社会资本对科研成果的商业化转化作用,视研发周期长短、成果转化快慢,对不同的技术创新项目要差异化引导。对于研发周期短、商业化应用快的技术创新项目要特别注重装备制造企业、社会资本对技术创新成果的筛选、孵化作用。对于研发风险高、周期长、商业化应用难度较大的“卡脖子”的共性关键技术成果转化,不可急于求成,政府应联合社会资本设立关键技术风险投资引导基金,以风投引导基金进行财力支持,与研发主体共享利益、共担风险,避免因缺乏资金持续支持导致关键技术的成果转化“流产”,进而稳步推进共性关键技术的商业成果转化。此外,当前全球经济复苏乏力,海外市场萎缩,装备制造产品出口受挫,在客观上降低了中国装备制造企业专利技术成果转化动力。因此,应紧跟“一带一路”顶层设计,在“一带一路”沿线国家设立技术研发基地,吸纳国外先进装备制造企业进入创新网络中,这不仅可以提高装备制造产品科技含量,增加高端产品供

给,还可以拓宽海外市场,增强企业科技成果转化动力,进一步提升成果转化阶段效率。

注释

①参见2019年机械工业经济管理研究院发布的《装备制造行业蓝皮书:中国装备制造业发展报告(2018)》。

参考文献

- [1] Freeman C. Networks of Innovators: A Synthesis of Research[J]. Research Policy, 1991(20):499—514.
- [2] Olaf Amdt, Rolf Sternbe. The Firm or the Region: What Determines the Innovation Behavior of European Firms [J]. Economic Geography, 2010,24(77):365—382.
- [3] 綦良群,周凌玥.装备制造企业协同创新网络知识转移的演化博弈研究[J].预测,2019(1).
- [4] 林兰,曾刚,吕国庆.基于创新“二分法”的中国装备制造业创新网络研究[J].地理科学,2019(10).
- [5] 曾庆辉,王国顺.基于产业网络的企业网络能力与创新绩效关系实证研究[J].经济地理,2014(10).
- [6] 赵艳华.中小企业协同创新网络绩效的实证研究[J].学术

论坛,2015(5).

- [7] 林润辉,谢宗晓,米捷.不同地理位置网络对创新绩效的影响——基于国家工程技术研究中心的实证研究[J].科研管理,2016(8).
- [8] 郭燕燕,杨朝峰,封颖.网络位置、地理临近性对创新产出影响的实证研究[J].中国科技论坛,2017(2).
- [9] 董津津,陈关聚.创新网络嵌入性、社区意识对企业创新绩效的影响[J].科技进步与对策,2019(10).
- [10] 尚林.企业协同创新网络构建与网络效率影响因素研究[J].科学管理研究,2015(3).
- [11] 赵文平,杨海珍.基于DEA的西部区域创新网络效率评价[J].科研管理,2016(S1).
- [12] 曹贤忠,曾刚.基于全球—地方视角的上海高新技术产业创新网络效率探讨[J].软科学,2018(11).
- [13] 徐建中,赵亚楠.FDI知识溢出对区域低碳创新网络效率的门槛效应研究[J].科技进步与对策,2019(9).
- [14] 贾晓霞,丁寒.跨省域合作网络结构对企业创新效率的影响研究——基于三阶段DEA模型[J].商业经济研究,2019(17).
- [15] 简晓彬,车冰清,仇方道.装备制造业集群式创新效率及影响因素——以江苏为例[J].经济地理,2018(7).

Research on Operational Efficiency Measurement and Promotion Strategies of China's Equipment Manufacturing Industry Innovation Network

Wang Yafei Shen Qingyuan Yao Chen

Abstract: By analyzing the operation mechanism of the equipment manufacturing industry innovation network, the DEA and Malmquist indexes are selected as the measurement model of operation efficiency, and the operation efficiency of the equipment manufacturing industry innovation network panel data is measured in combination with the provincial equipment manufacturing industry innovation network panel data. The measurement results show that: from 2008 to 2018, the overall operating efficiency of China's equipment manufacturing innovation network increased at an average annual rate of 8.7%; From a regional perspective, the operating efficiency of the innovation network is in a “east-middle-west” step difference, but the difference is shrinking year by year. From the perspective of the provinces, the operating efficiency of 26 provinces across the country is heterogeneous and can be roughly divided into first, The second, third, and fourth echelons; the advancement of technology level has a greater effect on the growth of total factor productivity than the contribution of pure technical efficiency and scale efficiency; the efficiency in the technology research and development phase is lower than that in the achievement transformation phase, and there is a disconnection between the two phases. Innovation network is one of the important forces to promote the innovation and upgrading for equipment manufacturing industry. China should unswervingly promote innovation driven strategy to improve the operation efficiency for innovative network of equipment manufacturing industry; implement differentiated policies based on the state of the innovation network in different regions and provinces to promote the operation efficiency; pays attention to the marketization of R & D technology to improve the stage efficiency of achievement transformation Rate.

Key Words: Equipment Manufacturing Industry; Innovation Network; Operational Efficiency; Measure

(责任编辑:柳 阳)